دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی ماشین های کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثر استریفیکاسیون روغن منداب بعنوان بیودیزل بر عملکرد و آلاینده های موتور های احتراق داخلی

عبدالله کریمی سلوکلو

آذر ۱۳۸۸

دانشگاه فردوسی مشهد

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثر استریفیکاسیون روغن منداب بعنوان بیودیزل بر عملکرد و آلاینده های موتور های احتراق داخلی

عبدالله کریمی سلوکلو

استاد راهنما

دکتر عبد العلی فرزاد

استادان مشاور

دکتر محمد حسین حداد خداپرست

دکتر مهدی خجسته پور

آذر ۱۳۸۸

تقدیم به

بهترین و اولین معلمانم در دوران تحصیلم،

پدر و مادر فداکارم

و

خانواده عزیزم

آنانکه در هنگام شکست حمایت و در هنگامه ی پیروزی
هدایتم کردند.

تعهد نامه

عنوان پایان نامه:

بررسی اثر استریفیکاسیون روغن منداب بعنوان بیودیزل بر عملکرد و آلاینده های موتور های احتراق داخلی

اینجانب عبدالله کریمی سلوکلو دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی ماشین های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی جناب آقای دکتر فرزاد متهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تا کنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از این پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد(Ferdowsi University Of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافت های آن ها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوط رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه ی کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

منابع سوخت فسیلی روز به روز در حال کاهش هستند و پیداکردن یک منبع سوختی جدید ضروری به نظر می رسد. بیودیزل یکی از بهترین منابع جایگزین برای سوخت در موتورهای دیزل است. اروکا ساتیوا مدورت (منداب) از خانواده براسیکا، یکی از گیاهان دانه روغنی و بومی ایران است که توانایی رشد در زمین های فقیر و نامناسب را دارد، در این تحقیق روغن این گیاه بعنوان ماده اصلی و اولیه تولید بیودیزل مورد استفاده قرار گرفته است. ترانس استریفیکاسیون روغن منداب با استفاده از متانول، با رعایت و حفظ مولار روغن به الکل ۱ به ۶، و به کارگیری هیدروکسید پتاسیم بعنوان کاتالیزور انجام گرفته است. ویژگی های بیودیزل تولید شده از روغن منداب با سوخت دیزل مرسوم و مطابق با استاندارد آمریکا برای بیودیزل (ASTM 6751) مقایسه شد. جهت بررسی پارامترهای عملکردی و گازهای خروجی موتور، آزمایشات در درصد حجمی بیودیزل و گازوئیل (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۵) و دریک موتور دیزل پاشش غیر مستقیم لیستر M8.1 و بر مبنای استاندارد ECE-49 صورت گرفت. نتایج نشان داد که استفاده کردن از بیودیزل منداب بجای سوخت دیزل مرسوم گازهای خروجی موتور را کاهش می دهد و موتور در۲۰ درصد حجمی بیودیزل و گازوئیل، بهترین مصرف سوخت ویژه ترمزی را دارد. بطورکلی بیودیزل حاصل از روغن منداب دارای پتانسیل خوبی برای جایگزینی درموتور دیزل بدون تغییر شکل موتوری وسیستم انژکتوری می باشد.

کلید واژه ها: بیودیزل، خواص سوخت، روغن های گیاهی، عملکرد موتور، متیل استر

فهرست مطالب

۱- مقدمه..... ۱

۱-۱- اهمیت موضوع ۱

۱-۲- اهداف تحقیق..... ۳

۲- بررسی منابع ۵

۲-۱- معرفی سوخت های دیزل و بیودیزل..... ۵

۲-۱-۱- تعریف سوخت ۵

۲-۱-۲- معرفی سوخت دیزل..... ٦

۲-۱-۳- معرفی سوختهای گیاهی وچگونگی استفاده از آنها در موتورهای اشتعال تراکمی..... ۷

۲-۱-۳-۱- استفاده از سوختهای گیاهی به صورت خالص و مخلوط ۱۰

۲-۱-۳-۲- استفاده از سوخت های گیاهی بصورت مخلوط (رقیق سازی)..... ۱۲

۲-۱-۳-۳- استفاده از ترکیبات شیمیایی سوختهای گیاهی در موتور..... ۱۳

۲-۱-۳-۳-۱- میکروامولسیون ۱۳

۲-۱-۳-۳-۲- تجزیه شیمیایی در اثر حرارت (پیرولایز)..... ۱٤

۲-۱-۳-۳-۳- ترانس استریفیکاسیون ۱۵

۲-۱-٤- معرفی سوخت بیودیزل..... ۱۵

۲-۱-٤-۱- تعریف بیودیزل..... ۱۵

۲-۱-٤-۲- استانداردها ۲۱

۲-۱-٤-۳- فرآیند تولید بیودیزل و منابع آن..... ۲۲

۲-۱-٤-٤- کاتالیزورها..... ۲۷

۲-۱-٤-۵- هزینه های تولید..... ۲۹

۳- مواد و روش ها ۳۳

۳-۱- تهیه روغن خام منداب ۳۳

۳-۲- تصفیه روغن خام ۳۶

۳-۳- تهیه متیل استر از روغن تصفیه شده منداب (MME) ۳۶

۳-۳-۱- تولید متیل استر خام ۳۶

۳-۳-۲- مرحله آب شویی ۳۸

۳-۳-۳- مرحله خشک کردن ۳۸

۳-٤- معرفی سکوی تست و اندازه گیری پارامترهای موتوری ۳۹

۳-٤-۱- موتور و دینامومتر مورد استفاده ۳۹

۳-٤-۲- دستگاه آلاینده سنج و اندازه گیری آلاینده ها ٤۲

۳-٤-۳- اندازه گیری دبی جرمی سوخت ٤۳

۳-٤-٤- نحوه محاسبه پارامترهای عملکردی ٤۳

۳-۵- انجام آزمون های سوخت ٤٤

٤- نتایج و بحث ٤۷

٤-۱- مقدمه ٤۷

٤-۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی متیل استر (بیودیزل) روغن منداب ٤۸

٤-۳- مصرف سوخت ویژه ۵۰

٤-۳-۱- تاثیر بار بر مصرف سوخت ویژه ۵۰

٤-۳-۲- اثرمقدار درصد مخلوط بیودیزل بر میزان مصرف سوخت ویژه ۵۱

٤-۳-۳- اثر متقابل بار و میزان درصد بیودیزل بر مصرف سوخت ویژه ۵۲

٤-٤- میزان آلاینده NO ۵۳

٤-٤-۱- اثر بار بر روی میزان آلاینده NO ۵۳

٤-٤-۲- اثرمقدار درصد مخلوط بیودیزل بر میزان آلاینده NO ۵٤

٤-٤-٣- اثر متقابل بار و مقدار بیودیزل بر میزان آلاینده NO ٥٥
٤-٥- میزان آلاینده NO_x ٥٦
٤-٥-١- اثر بار میزان آلاینده NO_x ٥٦
٤-٥-٢- اثر نسبت مخلوط بیودیزل بر میزان آلاینده NO_x ٥٧
٤-٥-٣- اثر متقابل بار و مقدار بیودیزل بر میزان آلاینده NO_x ٥٨
٤-٦- میزان آلاینده دوده ٥٩
٤-٦-١- اثر بار بر میزان آلاینده دوده ٥٩
٤-٦-٢- اثر افزایش سهم بیودیزل در سوخت پایه بر میزان آلاینده دوده ٦٠
٤-٦-٣- اثر متقابل بار و مقدار بیودیزل بر میزان آلاینده دوده ٦١
٤-٧- دمای گازهای خروجی از اتاقک احتراق ٦٢
٤-٧-١- اثر بار برروی دمای گازهای خروجی از اتاقک احتراق ٦٢
٤-٧-٢- اثر مقدار بیودیزل برروی دمای گازهای خروجی از اتاقک احتراق ٦٣
٤-٧-٣- اثر متقابل بار و بیودیزل برروی دمای گازهای خروجی از اتاقک احتراق ٦٤

٥- نتیجه گیری و پیشنهادات ٦٧

٥-١- نتیجه گیری ٦٧
٥-٢- پیشنهادات ٦٨

٦- منابع ٧٠

پیوست ١- برخی از جداول ٧٥

پیوست ٢- اسامی لاتین و فارسی اشخاص ٨٤

فهرست اشکال

۲-۱: ساختار شیمیایی دی گلیسیرید و تری گلیسیریدها. ۱۶

۲-۲: ماشین تابع فرآیند تولید بیودیزل. ۲۵

۲-۳: ترانس استریفیکاسیون تری گلیسریدها با الکل و کاتالیزور. ۲۷

۳-۱: نمایی از موتور لیستر ۱-۸ مورد استفاده. ۴۱

۳-۲: نمایی از محفظه احتراق ثانویه و گلوگاه در یک موتور دیزلی پاشش غیر مستقیم. ۴۱

۴-۱: تاثیر بار بر مصرف سوخت ویژه. ۵۱

۴-۲: اثرمقدار درصد مخلوط بیودیزل بر میزان مصرف سوخت ویژه. ۵۲

۴-۳: اثر متقابل بار و میزان درصد بیودیزل بر مصرف سوخت ویژه. ۵۳

۴-۴: اثر بار بر روی میزان آلاینده NO. ۵۴

۴-۵: اثرمقدار درصد مخلوط بیودیزل بر میزان آلاینده NO. ۵۵

۴-۶: اثر متقابل بار و مقدار بیودیزل بر میزان آلاینده NO. ۵۶

۴-۷: اثر بار میزان آلاینده NO_x. ۵۷

۴-۸: اثر نسبت مخلوط بیودیزل بر میزان آلاینده NO_x. ۵۸

۴-۹: اثر متقابل بار و مقدار بیودیزل بر میزان آلاینده NO_x. ۵۹

۴-۱۰: اثر بار بر میزان آلاینده دوده. ۶۰

۴-۱۱: اثر افزایش سهم بیودیزل در سوخت پایه بر میزان آلاینده دوده. ۶۱

۴-۱۲: اثر متقابل بار و مقدار بیودیزل بر میزان آلاینده دوده. ۶۲

۴-۱۳: اثر بار برروی دمای گازهای خروجی از اتاقک احتراق. ۶۳

۴-۱۴: اثر مقدار بیودیزل برروی دمای گازهای خروجی از اتاقک احتراق. ۶۴

۴-۱۵: اثر متقابل بار و بیودیزل برروی دمای گازهای خروجی از اتاقک احتراق. ۶۵

فهرست جداول

۲-۱:مشخصات سوخت های دیزل براساس استاندارد ASTM.....۸

۲-۲: مشخصات ترمودینامیکی سوخت دیزل نوع دوم براساس استاندارد ASTM.....۸

۲-۳: مشخصات سوخت بیودیزل خالص طبق استاندارد D-675.....۲۳

۲-۴: برخی از ویژگی های متیل استر روغن کلزا و تارامیرا و سوخت دیزل.....۲۴

۲-۵:گزارش قیمت سوخت های جایگزین و متداول در آمریکا مربوط به فوریه سال۲۰۰۶.....۳۱

۳-۱: مشخصات عمومی موتور لیستر ۱-۸.....۴۰

۴-۱: خصوصیات متیل استر روغن منداب در مقایسه با دیگر استرها ۴۹

فهرست علائم و اختصارات

ESM	Eruca sativa Madwort	منداب
MME	Madwort methyl ester	متیل استرمنداب
rpm	Round per minute	دور در دقیقه
CI	Cetan index	شاخص ستان
IDI	indirect injection	پاشش غیر مستقیم
B	Biodiesel percent	درصد بیودیزل
DI	Diesel index	شاخص دیزل
CCI	Calculate cetan index	شاخص ستان محاسباتی
$\dot{m}$	Mass flow rate of fuel consumption	آهنگ مصرف سوخت جرمی
HC	Unburned hydrocarbons	هیدروکربن های نسوخته
SO_x	Sulfur oxides	اکسیدهای گوگرد
PM	Particulate matter	ذرات ریز
NO	Nitrogen oxide	اکسید نیتروژن
NO_x	Nitrogen oxides	اکسیدهای نیتروژن
CO	Carbon monoxide	منو اکسید کربن
CO_2	Carbon dioxide	دی اکسید کربن
P	Power	توان

فصل اول

۱- مقدمه

۱-۱- اهمیت موضوع

پس از انقلاب صنعتی شرط لازم برای حرکت چرخهای صنعت، دستیابی به منابع انرژی بود. با پیدایش نفت این شرایط تامین شد و نفت و مشتقات آن همانند خون در پیکره دنیای صنعتی به گردش افتاد. استفاده روزافزون از سوختهای فسیلی، افزایش قیمت نفت و کاهش ذخایر موجود محققان را در جهت یافتن منابع جدید انرژی غیر نفتی ترغیب نموده است. در حال حاضر میزان تقریبی حجم ذخایر نفتی جهان به اندازه ا ی است که چنانچه روند تکیه بر سوختهای فسیلی ادامه یابد در آینده نزدیک جهان با مشکلات زیادی در مورد کمبود مواد سوختی مواجه خواهد شد. علاوه براین، استفاده از سوختهای فسیلی باعث آلایندگی محیط زیست می شود.

بنابراین پیشرفت فناوری، بدون استفاده از منابع انرژی جایگزین و بدون استفاده بهینه از انرژی موجود، میسر نیست.

امروزه تخریب منابع محیط زیست به عنوان مهمترین تهدید و نگرانی دنیای صنعتی، مطرح است. منابع خاک،آب و هوا همگی گنج هایی محسوب می شوند که اختلال در هر یک از آن ها مشکلات جدی برای ساکنان کره زمین به وجود می آورد. از بین این منابع، هوا به عنوان حیاتی ترین عنصر زندگی، نقش کلیدی در زندگی بشر ایفا می کند، زیرا این منبع ارتباط دائمی و مستقیم با حیات انسان دارد.

عدم توجه به مساله آلودگی در برخی از کشورهای جهان از جمله ایران ، موجب شده تا در شهری مانند تهران که به عنوان دومین شهر آلوده دنیا (بعد از مکزیکوسیتی) مطرح شده است، وسایل حمل و نقل با مصرف روزانه ۷/۵ میلیون لیتر بنزین و حدود ۱/۵ میلیون لیتر گازوئیل موجب ۷۰درصد (آلایندگی) هوا شوند. ۹۴ درصد انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور توسط نیروگاه هایی تامین می شود که از سوخت های فسیلی بعنوان منبع اصلی انرژی برای تولید برق استفاده می شوند. به غیر از بخش های حمل و نقل، سیستم های گرم کننده ساختمان ها و کارخانه ها نیز با استفاده از سوخت های فسیلی سهم قابل توجهی در آلودگی هوا دارند. عوامل فوق دست به دست یکدیگر داده و محیطی را فراهم می کنند تا به عنوان مثال هر شهروند تهرانی در طی ۲۴ ساعت معادل ۲ پاکت سیگار، گازهای سمی وارد ریه های خود کند (خباز،۱۳۸۷).

در گذر زمان استفاده از موتور های احتراق داخلی، که از کارآترین و متداول ترین حرکت دهنده های چرخ های صنعت می باشند، به خاطر مصرف کم و بازده بالا افزایش یافته است. امروزه این موتورها در کشاورزی (چاه های آب، تراکتور و ماشین های کشاورزی)، در حمل ونقل، فعالیت های صنعتی و غیره استفاده می شوند.

عمده ترین مصرف سوختهای فسیلی در موتورهای احتراق داخلی می باشد. انواع موتورهای اشتعال تراکمی که با سوخت دیزل و موتورهای اشتعال جرقه ای که عمدتا با بنزین کار می کنند از این سوخت ها مصرف می کنند.

استفاده وسیع از موتورهای دیزل باعث افزایش مصرف سوخت های فسیلی شده است که کاهش ذخیره نفتی جهان، افزایش تقاضا و افزایش قیمت را سبب شده است. از طرف دیگر گاز های خروجی از موتور دیزل با سوخت های فسیلی باعث آلودگی وتخریب محیط شده است که تاثیر پرخطری برای هوا، آب، خاک، تغییر آب وهوایی و سلامتی انسان در بر دارند.

مهمترین دودهای خروجی شامل منواکسیدکربن CO، دی اکسیدکربن CO_2، اکسیدهای نیتروژن NO_x، اکسیدهای سولفور SO_x، هیدروکربن های نسوخته HC، و ذرات ریز معلق PM می باشند.

راه حل مشکلات یاد شده را در کاهش مصرف سوخت فسیلی و استفاده از سوخت های تجدید پذیر می توان جستجو کرد. به طوری که سوخت های جدید باید دارای ویژگی سوختنی قابل مقایسه ای با سوخت های فسیلی داشته باشند. همچنین سوخت های جایگزین باید قابل تجدید و سازگار با محیط زیست بوده و به آسانی در سطح زمین تولید شوند.

۱-۲- اهداف تحقیق

در این پروژه، با مطالعه دقیق خواص سوخت های جایگزین و مسائل مربوط به این نوع سوخت ها از نظر فنی و اقتصادی، امکان استفاده از سوخت های بیودیزل مطرح می گردد.

در این تحقیق اثر ترانس استریفیکاسیون بر روی روغن منداب بعنوان سوخت بیودیزل، روی یک موتور دیزل تحت بارهای مختلف و تکرارهای اندازه گیری متعدد مورد بررسی قرار می گیرد و در نتیجه اثرات آن بر آلاینده های خروجی از محفظه احتراق از دیدگاه زیست محیطی مطالعه می شود. علاوه براین، نقش آن بر میزان قدرت تولیدی موتور و میزان مصرف سوخت، که از نظر مبحث انرژی حائز اهمیت می باشد، مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

از دلایل انتخاب روغن منداب به عنوان ماده اصلی سوخت بیودیزل در این تحقیق، می توان نیاز کم این گیاه به نهاده های تولید از جمله کودها و آفت کش ها و در نتیجه کاهش قابل ملاحظه ی هزینه تولید آن، طول دوره رشد کمتر(دوره رشد ۸۵ تا ۱۰۰ روزه) نسبت به سایر گیاهان مشابه چون کلزا، امکان استفاده این گیاه به عنوان کشت دوم و توسعه صنایع جانبی وابسته و بومی را نام برد.

فصل دوم

۲- بررسی منابع

۲-۱- معرفی سوخت های دیزل و بیودیزل

۲-۱-۱-تعریف سوخت

هر ماده ای که توانایی تولید فرمی از انرژی را در اثر سوختن یا تحول شیمیایی و یا اکسیداسیون داشته باشد سوخت نامیده می شود(صدر نژاد وکرمانپور، ۱۳۸۴).

سوخت ها معمولاً منشاء آلی دارند و اجزای اصلی تشکیل دهنده ی آن ها کربن و هیدروژن است. ولی اکسیژن، گوگرد، فسفر و خاکستر نیز در آن ها وجود دارد که ارزش سوختی آن ها را پایین می آورد. از دیدگاه نحوه ی تولید انرژی، سوخت ها را می توان به سه دسته ی زیر طبقه بندی کرد:

۱- مواد هیدروکربنی مانند سوخت های فسیلی، ترکیبات آلی مواد زاید خانگی، و محصولات جانبی پالایش نفت که در اثر سوختن کربن و هیدروژن آن ها انرژی به صورت گرما تولید می شود.

۲- سوخت های هسته ای مانند اورانیم ۲۳۵ و توریم ۲۳۳ که در نتیجه ی شکافتن یا همجوشی هسته ی اتم در آن ها، انرژی گرمایی با شدت بسیار زیاد به وجود می آید.

۳- سوخت های شیمیایی دیگری هم وجود دارند که در فرآیندهای معمولی بکار نمی روند، بلکه برای مصارف خاص مورد استفاده واقع می شوند. برای مثال نیترات آمونیوم، فلورین، باروت و...

۲-۱-۲-معرفی سوخت دیزل

سوخت دیزل مشتقاتی از نفت خام به رنگ قهوه ای است که شامل اجزای تقطیر شده یا باقیمانده با چگالی نسبی معادل ۰/۸۴ است. ارزش حرارتی خالص سوخت دیزل حدود ۴۱/۹ MJ/kg و یا ۳۶/۵ MJ/L است. حداقل دمای کاری مناسب برای این سوخت حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس بوده و البته کمترین نقطه ی اشتعال آن اخیراً به ۶۰°C کاهش داده شده است.

کیفیت سوخت های دیزل با عدد ستان بیان می شود ولی معمولاً تعیین عدد ستان مشکل است و تجهیزات گرانقیمتی نیاز دارد. برای رفع این مشکل روابط دیگری پیشنهاد شده که یکی از آنها شاخص دیزل (DI) است و چنین تعریف می شود:

$$DI=A*G/100 \qquad (۱-۲)$$

که در رابطه بالا، A نقطه ی آنیلین برحسب درجه ی فارنهایت و G سنگینی سوخت در محدوده ۳۳ الی ۳۷ API است.

هیدروکربن های پارافینی در مقایسه با هیدروکربن های معطر (هیدروکربن اولیفینی) دارای نقطه ی آنیلین زیادتر و سنگینی API بیشتری هستند. ازاین رو شاخص دیزل برای سوخت هایی که حاوی درصدهای بیشتری از هیدروکربن های پارافینی هستند بالاتر است.

همچنین می توان عدد ستان را به سنگینی API و دمای جوش ارتباط داد. عدد بدست آمده از این دو کمیت به شاخص ستان محاسباتی (CCI) مشهور است و چنین تعریف می شود:

(۲-۲)

$$CCI=97/833(\log T)^2+2/2088\log T+0/01247G^2-432/51\log T-4/8708G+419/59$$

که در آن G سنگینی درجه API سوخت و T دمای جوش متوسط برحسب فارنهایت می باشد.